

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷
B01D 65/10

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98803016.0

[43]公开日 2000 年 4 月 5 日

[11]公开号 CN 1249698A

[22]申请日 1998.5.26 [21]申请号 98803016.0

[30]优先权

[32]1997.5.30 [33]AU [31]PO7097

[86]国际申请 PCT/AU98/00387 1998.5.26

[87]国际公布 WO98/53902 英 1998.12.3

[85]进入国家阶段日期 1999.9.2

[71]申请人 USF 过滤分离集团公司

地址 美国马萨诸塞

[72]发明人 迈克尔·R·L·塞尔比

汉弗莱·J·J·德拉蒙德

沃伦·T·约翰逊

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

代理人 张祖昌

权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图页数 0 页

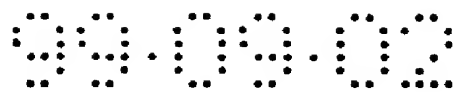
[54]发明名称 对数降低值的预测

[57]摘要

一种预测薄膜过滤系统中对数降低值的方法,该方法包括:确定通过薄膜的过滤流率,应用完整性试验测量结果,确定薄膜的旁通流率,以及应用确定的过滤流率与确定的旁通流率的比例,按(2)确定对数降低值。还公开了多孔薄膜完整性试验方法。

$$LRV=\log_{10}\left[\frac{Q_{fil}}{Q_{Bypass}}\right] \quad (2)$$

ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 薄膜过滤系统对数降低值的预测方法，该方法包括以下步骤：

i) 确定通过薄膜的过滤流率；

ii) 应用完整性试验测量结果确定薄膜旁通流率；

iii) 应用确定的过滤流率与确定的旁通流率的比例，按下式推测对数降低值：

$$LRV = \log_{10} \left(\frac{Q_{\text{filt}}}{Q_{\text{Bypass}}} \right).$$

2. 多孔薄膜完整性的试验方法，包括以下步骤：

i) 湿润薄膜；

ii) 对薄膜的一侧施加低于薄膜孔隙的起泡点的气体压力；

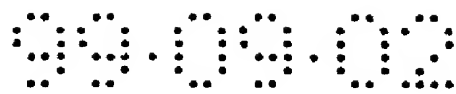
和

iii) 测量越过薄膜的气体流量，所述气体流量包括通过薄膜的扩散流量和通过薄膜中渗漏和缺陷的流量，所述气体流量与薄膜中的任何缺陷有关。

3. 如权利要求 2 的方法，其特征在于，气体流量是通过监视施加于薄膜一侧的气体压力的压力衰减进行测量的。

4. 如权利要求 2 的方法，其特征在于，气体流量是通过以流体体积包围所述薄膜的另一侧，并测量由于所述气体流量造成的所述流体排出量而加以测量的。

5. 如权利要求 1 的薄膜过滤系统对数降低值预测方法，其特征在于，完整性试验测量是按照权利要求 2 至 4 中任一权利要求限定的方法进行的。



说明书

对数降低值的预测

技术领域

本发明涉及过滤系统中对数降低值的预测方法以及应用这样的一些值控制和监视运行中的过滤系统。

背景技术

过滤系统去除粒子的能力通常按照对数降低值 (LRV) 进行测量。对于任何给定的粒子, 对数降低值定义为:

$$LRV = \log_{10} \left(\frac{C_{inf}}{C_{eff}} \right) \quad (1)$$

此处 C_{inf} = 流入液体中的粒子浓度,

C_{eff} = 流出液体中的粒子浓度。

在计算中使用的粒子可以是任何一种关心的粒子, 例如, 在消毒系统中它通常是细菌或病毒, 但也可以是悬浮的固体。

发明内容

本发明提出了一种预测薄膜过滤系统中对数降低值的方法, 该方法包括以下步骤:

- i) 确定通过薄膜的过滤流率;
- ii) 应用完整性试验测量结果, 确定薄膜旁通流率;
- iii) 应用确定的过滤流率与确定的旁通流率的比例, 按下式推测对数降低值:

$$LRV = \log_{10} \left(\frac{Q_{filtr}}{Q_{Bypass}} \right) \quad (2)$$

申请人已发展了若干确定过滤薄膜完整性的试验, 这些试验包括扩散空气流量 (DAF) 和压力衰减试验 (PDT)。



根据又一方面，本发明提出了一种试验多孔薄膜完整性的方法，该方法包括的步骤有：

i) 湿润薄膜；

ii) 对薄膜的一侧施加低于薄膜孔隙的起泡点 (bubble point) 的气体压力；和

iii) 测量越过薄膜的气体流量，所述气体流量包括通过薄膜的扩散流量和通过薄膜中渗漏和缺陷的流量，所述气体流量与薄膜中的任何缺陷有关。

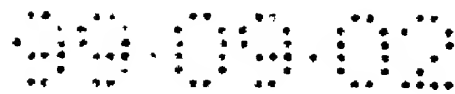
气体流量最好通过监视施加于薄膜一侧的气体压力的压力衰减进行测量。另一种较优形式是，气体流量通过以流体体积包围所述薄膜的另一侧并测量由于所述气体流量造成的所述流体排出量而加以测量。

除非文中明确要求，否则在说明书和权利要求的全文中，词“包括”、“正包括”及类似词都应解释为与排除或穷尽相反的包含意义；也即解释为“包含，但不限于”的意义。

本发明的最佳实施例

现将对这些完整性试验的较优实例说明如下，但这只是为了展示。如果完全湿润的薄膜（即全部孔隙都充装着液体）的腔充装着压力低于起泡点的空气，则薄膜的孔隙将保持湿润，除了由于扩散引起的较小流量外，通过孔隙不会有显著的空气流量。如果出现缺陷（如纤维断裂），则空气将通过缺陷流动，当然假定缺陷的尺寸是这样的，即它所有的起泡点低于试验压力。因此，在此情况下空气的流量与薄膜系统的完整性直接有关。对完整的系统，空气流量很小，直接测量十分困难。为简化试验，并克服这一问题，通过测量液体流量（在 DAF 试验情况）或通过测量压力衰减（在压力保持/衰减试验情况）间接测量空气流量。

在扩散空气流量试验中，首先用空气将腔加压至试验压力（通常为 100kPa），保持薄膜的进料侧充满。一旦达到试验压力，通过测量阀门封闭过滤侧，打开进料侧，液体流量可通过测量阀门进行测量。最初，液体快速流过阀门。高的初始流量主要由于薄



膜膨胀排出的水体积以及由于水移向薄膜孔隙端点排出的水体积。

初始阶段后，流量降至较为稳定的水平，余下的液体流量完全由于扩散空气流动和空气流过任何缺陷排出的液体。此空气流量是 DAF 测量结果，通常为每单位时间内的体积。

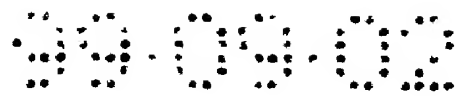
扩散空气流动是由被溶解空气输运通过薄膜引起的空气通过完整的湿润薄膜的流动。被溶解空气扩散的驱动力是湿润薄膜两侧的差动局部压力。由于空气的溶解度随压力而增加，在液体层中有较高的被溶解空气浓度。系统趋于平均水层中的浓度，这造成空气稳定地输运通过薄膜。在低压侧（进料侧），较低的局部空气压力使空气得以持续地离开溶液。被释放的空气聚积在进料侧的顶部，于是出现被排出水通过进料侧测量阀的伴随流动。

薄膜中的缺陷被考虑为薄膜中的“孔”，实际上，它们渗透薄膜壁是整个宽度。空气通过缺陷的流动是由“粘性”气体流动引起的。这意味，空气一开始替代缺陷中的水，然后简单地流过缺陷。替代缺陷中的水是相当容易的，因为按定义，缺陷大于孔隙，因而具有低得多的起泡点（较小的毛细管作用）。空气通过缺陷的流动与缺陷的大小，还有缺陷的数目有关。

由围绕 O 形环洩漏引起的空气流动是空气在 DAF 测量中高流量的另一原因。

因此，DAF 测量结果是两个分量之和，通过薄膜的扩散空气流量（好）和通过薄膜中缺陷和 O 形环洩漏的空气流量（坏）。对任何类型的具体过滤器，通过薄膜的扩散空气流量既可计算也可测量。比较 DAF 测量值与完全完整的过滤器的预期值，就能确定过滤器相对完整性的指标。

在压力衰减试验中，如同 DAF 试验一样，首先用空气将腔加压至试验压力，保持薄膜的进料侧充满。一旦达到试验压力，封闭过滤侧，将进料侧向大气打开。然后监视过滤系统中压力随时间的下降。此压力衰减与通过薄膜的空气流动直接有关，因而假定到处都不存在洩漏时，也就与系统的完整性有关。



在 DAF 试验中，测量的是通过薄膜的空气流量。通常假定这正是空气通过薄膜中缺陷的流量。此空气通过缺陷的流量可与运行条件下液体通过相同缺陷的流量有关。比较通过缺陷的液体流量和过滤期间通过薄膜的液体流量，对数降低值的精确预测可由下列方程算得：

$$\text{LRV} = \log_{10} \left(\frac{Q_{t, \text{fill}}}{Q_{t, \text{DAF}}} \right) \quad (3)$$

此处：

$Q_{t, \text{fill}}$ = 过滤期间通过薄膜的液体流量（在 DAF 试验压力下）；
和

$Q_{t, \text{DAF}}$ = 在运行条件下，从 DAF 试验测量结果中的算得的通过缺陷的等效液体流量。

通过缺陷的液体流量等效值 $Q_{t, \text{DAF}}$ 可从被测的 DAF 结果中算得，这就是通过缺陷的空气流量。DAF 试验是在称为试验压力 P_{test} 的预置压力下进行的。薄膜的下游侧向大气打开，因而具有大气压力 P_{atm} 。当空气通过缺陷流过薄膜时，由于试验压力大于在下游侧遇到的大气压力，它膨胀。因此，DAF 试验期间从下游侧排出的水体积反映了大气压力下空气通过薄膜的体积。

根据 $Q_{a, \text{DAF}}$ （通过缺陷的空气流量）计算 $Q_{t, \text{DAF}}$ 时，按以上给出的，可推导出一个校正薄膜两侧压差的简单方法。首先根据测得的通过缺陷的空气体积流量可算出空气通过薄膜的质量流量。然后可将此空气质量流量返回换算成薄膜下游侧上的体积流量。

将缺陷看作通过薄膜的圆柱形孔。可能情况并不严格是这样的，但是这是一个很好的假定，并得以进行通过缺陷的模型计算。只要流动是层流的，且缺陷的长度例如至少为其直径的十倍，则测得的空气通过圆柱形缺陷的体积流量（ $Q_{v, a, \text{defect}}$ ）可由哈根-泊肃叶方程描述：

$$Q_{V,a,defect} = \frac{\pi d^4 (P_{test} - P_{atm})}{128 \eta_a l} \quad (4)$$

此处：

d =缺陷直径；

P_{test} =试验（上游）压力；

P_{atm} =DAF 试验期间的大气（下游）压力；

η_a =过滤温度下的空气粘性；和

l =薄膜的厚度。

通过缺陷的空气质量流量可通过空气体积流量与密度修正相联系。

$$Q_{m,a,defect} = \rho Q_{V,a,defect} \quad (5)$$

此处：

ρ =空气在薄膜中的密度。

空气密度可根据理想气体方程算出：

$$\rho = \frac{PM}{RT} \quad (6)$$

此外：

P =压力；

M =空气分子量；

R =气体常数；和

T =温度。

对薄膜情况，压力是一个难于确定的参数，因为薄膜两侧总是存在一个衡定的从 P_{test} 至 P_{atm} 的压力梯度。处理此问题的一个简单方法是应用平均压力。

$$P = \frac{P_{test} + P_{atm}}{2} \quad (7)$$

根据方程 5-8，通过缺陷的空气质量流量由下式给出：

$$Q_{m,a,defect} = \frac{\pi d^4 (P_{test}^2 - P_{atm}^2) M}{256 \eta_a l RT} \quad (8)$$

现在给定被空气排出的水体积是位于下游侧，则需考虑的空气体积可根据大气（下游）压力下通过缺陷的空气质量流量算出。假定，由理想气体方程：

$$P_{atm} = \frac{\rho RT}{M} \quad (9)$$

结合方程 5、8 和 9，我们得到：

$$Q_{V,a,defect} = \frac{\pi d^4 (P_{test}^2 - P_{atm}^2)}{256 \eta_a l P_{atm}} \quad (10)$$

哈根—泊肃叶方程也可用于计算通过缺陷的液体流量。液体流量方程就是与由方程 4 给出的空气流量方程相同。由于通常使用的液体为水，它是不可压的，因而空气流量需考虑的压力，在这里不需考虑。通过与以上相同缺陷的液体体积流量由下式给出：

$$Q_{V,l,defect} = \frac{\pi d^4 TMP}{128 \eta_l l} \quad (11)$$

此处 TMP 是横越薄膜的压力，即过滤运行压力，它正是等于过滤期间薄膜两侧的压差。

比较方程 10 和 11，我们得到在运行 TMP 下通过缺陷的液体体积流量为：

$$Q_{V,l,defect} = Q_{V,a,defect} \frac{\eta_a}{\eta_l} \frac{2 P_{test} TMP}{(P_{test}^2 - P_{atm}^2)} \quad (12)$$

注意， $Q_{V,l,defect}$ 可根据实验计算，因为 $Q_{V,a,defect}$ 正是测得的 DAF 流量，而方程 12 中的其它参数或已知，或能容易地测得。

测得的 $Q_{V,l,defect}$ 能用于计算 LRV 值。根据方程 3，LRV 由下

式给出：

$$LRV = \log_{10} \left(\frac{Q_{V,I,filtr}}{Q_{V,I,defect}} \right) \quad (13)$$

此外 $Q_{V,I,filtr}$ 正是正常过滤模式下通过薄膜的流量。结合方程 12 和 13，于是 LRV 可按下式计算：

$$LRV = \log_{10} \left(\frac{Q_{V,I,filtr} \eta_l (P_{test}^2 - P_{atm}^2)}{Q_{V,a,defect} \eta_a 2 P_{atm} TMP} \right) \quad (14)$$

注意，方程 14 中的所有参数均可直接测得。

假定 DAF 试验中测得的空气流量是由通过缺陷的洩漏引起的，而过滤器密封，则旁通流量也可按下式确定，即：

$$Q_{bypass} = Q_{DAF} \times \frac{2 \mu_{air} P_{Filt} P_{Vent}}{\mu_{Filt} (P_{Test}^2 - P_{Vent}^2)} \quad (15)$$

此处：

Q_{bypass} = 等效旁通液体流量；

Q_{DAF} = 应用 DAF 试验测得的旁通空气流量；

μ_{air} = 空气的粘性；

μ_{filt} = 过滤流体的粘性（通常试验期间为水）；

P_{test} = DAF 试验压力，绝对；

P_{vent} = DAF 排放压力，绝对，通常为大气压；

P_{filt} = 横越薄膜的过滤压力。

于是对数降低值可按下式确定，即：

$$LRV = \log_{10} \left(\frac{Q_{Filt}}{Q_{DAF}} \times \frac{\mu_{Filt} (P_{Test}^2 - P_{Vent}^2)}{2 \mu_{air} P_{Filt} P_{Vent}} \right) \quad (16)$$

此处 Q_{Filt} = 过滤流率。

应用 DAF 试验，可能根据压力衰减结果确立对数降低数。唯一要求的附加信息是压力衰减试验期间给定系统的过滤管道的加压体

积。旁通流量可由下列方程确立：

$$Q_{\text{bypass}} = \frac{\Delta P V_{\text{Filt}}}{P_{\text{atm}} t} \times \frac{2 \mu_{\text{air}} P_{\text{Filt}} P_{\text{Vent}}}{\mu_{\text{Filt}} (P_{\text{Test}}^2 - P_{\text{Vent}}^2)} \quad (17)$$

此处：

ΔP =经过时间 t 测得的压力衰减；

V_{filt} =过滤系统在试验压力下的体积；

P_{atm} =大气压力；

μ_{air} =空气的粘性；

μ_{filt} =过滤流体的粘性（试验期间通常为水）；

P_{test} =试验压力，绝对；

P_{vent} =排放压力，绝对，通常为大气压；

P_{filt} =横越薄膜的过滤压力。

应用 DAF 试验，通过与过滤流率相比较，对数降低值可根据旁通流率按下式预定：

$$\text{LRV} = \log_{10} \left(Q_{\text{Filt}} \times \frac{P_{\text{atm}} t}{\Delta P V_{\text{Filt}}} \times \frac{\mu_{\text{Filt}} (P_{\text{Test}}^2 - P_{\text{Vent}}^2)}{2 \mu_{\text{air}} P_{\text{Filt}} P_{\text{Vent}}} \right) \quad (18)$$

此处 Q_{Filt} =过滤流率。

DAF 和 PDT 试验能加以自动化以便在运行期间提供对系统完整性的经常性过程监视。此外，这些试验还具有高度灵敏度，能直接监视系统完整性而无需进行复杂的水试验。预测的对数降低值能用于监视和控制系统的性能及完整性的丧失。对某个具体系统进行需要的或要求的 LRV 与预测 LRV 的比较，并根据这一比较进行系统性能的调节可对系统加以控制。

将意识到，不偏离所说明发明的精神或范围，还可提出发明更多的实施例和示例。